

SE Menteri PUPR

Nomor : 14/SE/M/2019

Tanggal : 11 September 2019

# PEDOMAN

Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil

---

**Penggunaan abu terbang dalam campuran beton  
sedikit semen portland**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM  
DAN PERUMAHAN RAKYAT**

## Daftar Isi

Daftar Isi .....	i
Prakata .....	ii
Pendahuluan .....	iii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif .....	1
3 Istilah dan definisi .....	1
4 Persyaratan abu terbang sebagai bahan pengikat tambahan pada beton.....	2
4.1 Persyaratan umum .....	2
4.2 Persyaratan kimia dan fisik .....	3
4.3 Persyaratan pengujian.....	3
5 Bahan tambah kimia .....	4
6 Perhitungan kebutuhan bahan untuk beton sedikit semen portland .....	4
Lampiran A .....	7
Lampiran B .....	14
Bibliografi.....	15

## **Prakata**

Pedoman penggunaan abu terbang dalam campuran beton sedikit semen portland ini dimaksudkan sebagai panduan dalam penggunaan abu terbang sebagai material campuran beton. Pedoman ini disusun berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan Pusat Litbang Jalan dan Jembatan.

Standar ini dipersiapkan oleh Komite Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subkomite Teknis 91-01-S2 Rekayasa Jalan dan Jembatan melalui Gugus Kerja Struktur Jembatan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Standar ini telah dibahas dalam rapat konsensus pada tanggal 30 November 2017 di Bandung yang dihadiri oleh para pemangku kepentingan (*stakeholder*) terkait, yaitu perwakilan dari produsen, konsumen, pakar dan pemerintah.

## Pendahuluan

Pedoman penggunaan abu terbang dalam campuran beton sedikit semen portland ini menjelaskan kepada pengguna beton mengenai persyaratan abu terbang dalam campuran beton sedikit semen portland, baik itu persyaratan teknis, kimia, maupun persyaratan pengujian yang masih belum dijelaskan pada SNI 2460:2014, dan langkah-langkah perencanaan beton dengan abu terbang. Abu terbang yang digunakan pada campuran beton sedikit semen portland harus memenuhi persyaratan baku mutu sesuai dengan PP No 101 tahun 2014 dan SNI 2460:2014.

Penambahan abu terbang sebagai material pengikat tambahan akan mempengaruhi sifat beton segar, sebagaimana sifat mekanik dan ketahanannya. Sejauh mana sifat dari abu terbang akan berpengaruh pada beton tergantung pada karakteristik dan proporsi dari abu terbang yang digunakan. Penambahan abu terbang pada campuran beton dapat mempengaruhi beton antara lain menambah tingkat kemudahan dalam pengerjaan, mengurangi bleeding, tahan terhadap korosi dan permeability, tahan terhadap sulfat, mengurangi panas hidrasi, harga beton lebih ekonomis, menaikkan kekuatan akhir beton. Untuk mencapai setiap sifat yang telah disebutkan tersebut memerlukan komposisi penambahan abu terbang yang tepat. Sehingga dalam tiap perencanaannya membutuhkan percobaan campuran untuk dapat mencapai sifat beton yang diharapkan.

Penggunaan abu terbang pada beton yang berkontribusi terhadap persentase pengurangan semen Portland akan memperlambat pencapaian kekuatan awal beton. Berbeda dengan beton dengan semen portland, ketika kenaikan kekuatan beton setelah berumur 28 hari sangat kecil, pada beton dengan penggunaan abu terbang akan mengalami kenaikan kekuatan beton yang cukup signifikan setelah berumur 28 hari.

# Penggunaan abu terbang dalam campuran beton sedikit semen portland

## 1 Ruang lingkup

Pedoman ini menetapkan ketentuan penggunaan abu terbang dalam campuran beton sedikit semen Portland mencakup persyaratan abu terbang meliputi persyaratan umum, kimia, fisik, dan perencanaan dan pelaksanaan perancangan campuran beton dengan abu terbang untuk digunakan dalam campuran beton sedikit semen portland. Abu terbang yang digunakan pada pedoman ini adalah abu terbang kelas F dengan batasan penggunaan sampai dengan 40%.

## 2 Acuan normatif

Dokumen referensi di bawah ini harus digunakan dan tidak dapat ditinggalkan untuk melaksanakan pedoman ini:

SNI 03-2495-1991	Spesifikasi bahan tambahan untuk beton
SNI 03-2834-2000	Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal
SNI 03-6468-2000	Tata cara perencanaan campuran beton berkekuatan tinggi dengan semen portland dengan abu terbang
SNI 03-6863-2002	Metode pengambilan contoh dan pengujian abu terbang atau pozolan alam sebagai mineral pencampur dalam beton semen portland
SNI 2460:2014	Spesifikasi abu terbang batu bara dan pozolan alam mentah atau yang telah dikalsinasi untuk digunakan dalam beton (ASTM C618-08a, IDT)
SNI 2049-2015	Semen Portland
Pedoman No 22/SE/M/2015	Pedoman Penggunaan Bahan Tambah Kimia (Chemical Admixture) dalam Beton

## 3 Istilah dan definisi

Untuk tujuan penggunaan pedoman ini, istilah dan definisi berikut digunakan

### 3.1

#### **abu terbang**

merupakan sisa hasil pembakaran serbuk batu bara dari tungku pembangkit tenaga uap yang terbawa gas buangan cerobong asap yang kemudian ditangkap sebelum terbawa keluar cerobong

### 3.2

#### **beton segar**

campuran beton yang telah selesai diaduk sampai beberapa saat karakteristiknya tidak berubah (masih plastis dan belum terjadi pengikatan awal)

### 3.3

#### **pozolan**

adalah bahan yang mengandung silika amorf, apabila dicampur dengan kapur dan air akan membentuk benda padat yang keras

### 3.4

#### **slump**

penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji slump diangkat

### 3.5

#### **bahan tambah kimiawi (*chemical admixture*)**

bahan berupa bubuk atau cairan selain air, agregat dan semen hidrolik yang ditambahkan kedalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi bahan tambah jenis ini adalah untuk mengubah sifat-sifat beton agar menjadi lebih cocok untuk kondisi atau pekerjaan tertentu

### 3.6

#### **kuat tekan beton yang disyaratkan $f'_c$**

adalah kuat tekan yang ditetapkan oleh perencana struktur (berdasarkan benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)

### 3.7

#### **kuat tekan beton yang ditargetkan $f_{cr}$**

adalah kuat tekan rata-rata yang diharapkan dapat dicapai yang lebih besar dari  $f'_c$

### 3.8

#### **faktor air semen**

adalah angka perbandingan antara berat air bebas dan berat semen dalam beton

## **4 Persyaratan abu terbang sebagai bahan pengikat tambahan pada beton**

### **4.1 Persyaratan umum**

Penggunaan abu terbang pada campuran beton harus memenuhi persyaratan, seperti:

- a) Abu terbang berasal dari limbah hasil pembakaran batu bara dari tungku pembangkit tenaga uap yang terbawa gas buangan cerobong asap
- b) Proses penyimpanan abu terbang di pembangkit tenaga uap harus terpisah dari penyimpanan abu dasar dan disimpan berdasarkan urutan produksi agar memudahkan dalam proses penentuan karakteristik abu terbang. Dikarenakan sangat beragamnya karakteristik abu terbang pada setiap produksi, maka pada saat proses penyimpanan, abu terbang yang baru datang tidak boleh dicampur penyimpanannya dengan abu terbang yang sudah datang sebelumnya, sehingga penggunaan abu terbang harus dilakukan menurut urutan produksi dan pengiriman.
- c) Sifat dan karakteristik abu terbang hampir sama dengan semen portland sehingga dalam penanganannya harus sama dengan penanganan semen portland. Penyimpanan abu terbang dalam wadah harus kedap udara dan kedap air, sehingga tidak akan beterbangan apabila dilakukan pengangkutan maupun penyimpanan, dan tidak terkena air hujan maupun sumber air yang lain sehingga tidak akan bereaksi dengan air atau udara apabila disimpan dalam waktu yang lama. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada SNI 2049:2015.
- d) Penggunaan abu terbang dalam campuran beton tidak dibenarkan untuk beton yang menggunakan tipe selain semen Ordinary Portland Cement (semen tipe I)

## 4.2 Persyaratan kimia dan fisik

Persyaratan abu terbang yang digunakan pada beton harus memenuhi persyaratan kimia dan fisik seperti yang telah diuraikan pada SNI 2460:2014. Persyaratan kimia abu terbang kelas F untuk campuran beton sebagai berikut:

**Tabel 1 – Persyaratan kimia abu terbang untuk campuran beton**

Uraian	Kelas
	F
SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , min, %	70
SO <sub>3</sub> , maks, %	5
Kadar air, maks, %	3
Hilang pijar, maks, %	6
CaO	<10%

Catatan: penggunaan pozolan kelas F dengan kadar hilang pijar sampai dengan 12% dapat disetujui oleh pengguna jika salah satu dari catatan kinerja yang dapat diterima atau hasil uji laboratorium tersedia  
Sumber: SNI 2460:2014

Penyedia jasa harus menyerahkan laporan tertulis yang menjelaskan karakteristik hasil pengujian abu terbang baik itu sifat fisik maupun sifat kimia abu terbang. Pengambilan sampel dan pengujian abu terbang sesuai dengan SNI 03-6863-2002 dan dilakukan dalam satu proses produksi.

Persyaratan fisik abu terbang kelas F menurut SNI 2460:2014 adalah sebagai berikut:

**Tabel 2 – Persyaratan fisik abu terbang kelas F untuk digunakan dalam beton**

Uraian	Abu Terbang Kelas F
Kehalusan: Jumlah yang tertinggal di atas ayakan 45 µm (No. 325) diayak secara basah, maks, %	34
Indeks aktifitas kekuatan: <sup>A</sup> dengan semen portland, pada umur 7 hari, min, persen kontrol	75 <sup>B</sup>
dengan semen portland, pada umur 28 hari, min, persen kontrol	75 <sup>B</sup>
Kebutuhan air, maks, persen kontrol	105
Kekekalan bentuk (Soundness): <sup>C</sup> Ekspansi atau penyusutan dengan <i>autoclave</i> , maks, %	0,8
Persyaratan keseragaman: Densitas dan kehalusan dari sampel individu tidak boleh bervariasi dari rata-rata 10 sampel atau dari seluruh sampel jika jumlahnya kurang dari 10, lebih dari: Densitas, variasi maksimal dari rata-rata, %	5
Persentase bahan yang tertinggal pada ayakan 45 µm, (No. 325), variasi maksimal, persentase dari rata-rata	5

<sup>A</sup>Indeksi aktifitas kekuatan dengan semen portland tidak diperhitungkan sebagai ukuran kekuatan tekan beton yang mengandung abu terbang atau pozzolan alam. Massa abu terbang atau pozzolan alam tertentu untuk menguji penentuan indeks aktifitas

<sup>B</sup>Indeksaktifitas kekuatan pada umur 7 hari atau 28 hari akan menunjukkan pemenuhan spesifikasi

<sup>C</sup>Jika kadar abu terbang atau pozzolan alam lebih dari 20% massa dari bahan sementitus dalam campuran beton pada pekerjaan proyek, spesimen uji untuk ekspansi dengan *autoclave* harus mengandung persentase yang diantisipasi tersebut.

## 4.3 Persyaratan pengujian

Abu terbang yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi proses pengujian sebagai berikut:

- a) Untuk menentukan kelas abu terbang harus dilakukan pengujian analisis abu terbang terkait metode yang digunakan sesuai dengan SNI 03-6863-2002. Pengujian dilakukan minimal satu kali dan hasil pengujian dapat mewakili data karakteristik abu terbang yang dihasilkan dalam sekali produksi
- b) Apabila abu terbang yang telah diuji kemudian disimpan selama jangka waktu lebih dari 6 bulan, maka sebelum dilakukan pengiriman kepada pengguna harus dilakukan pengujian ulang yang dapat mewakili data karakteristik abu terbang dalam sekali pengiriman.

Berdasarkan penelitian dan pengujian abu terbang kelas F dapat digunakan dalam campuran beton sebagai bahan pengikat tambahan sampai dengan 40% dari total bahan semen portland. Jumlah optimal abu terbang untuk campuran beton pada setiap pekerjaan proyek khusus ditentukan dengan sifat-sifat beton yang diperlukan dan bahan penyusun lainnya. Jumlah optimal abu terbang ditetapkan dengan pengujian.

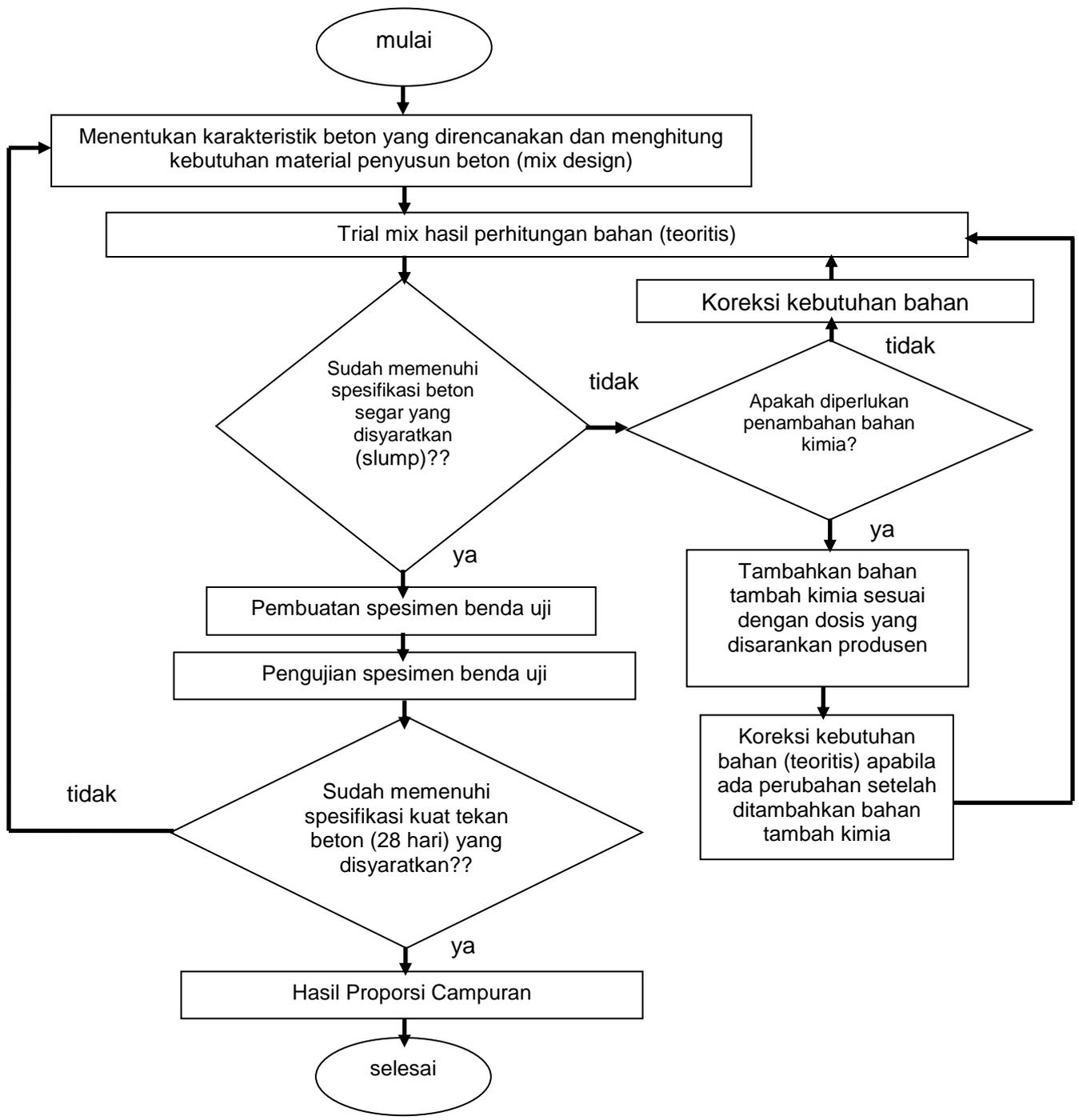
## **5 Bahan tambah kimia**

Bahan tambah kimia yang digunakan bersamaan dengan penambahan abu terbang adalah bahan tambah kimia mulai dari tipe A sampai tipe G sebagaimana yang telah dijabarkan dalam SNI 03-2495-1991, disesuaikan dengan kebutuhan dalam pelaksanaan pembuatan beton.

Pemakaian bahan tambah kimia pada beton disesuaikan dengan dosis yang telah disarankan oleh produsen yang dapat dilihat pada brosur teknis atau panduan pemakaian seperti pada Pedoman No 22/SE/M/2015. Cara perhitungan pemakaian bahan tambah kimia dapat dilihat pada SNI 03-6468-2000.

## **6 Perhitungan kebutuhan bahan untuk beton sedikit semen portland**

Langkah perencanaan rancangan campuran beton dengan menggunakan abu terbang mengacu pada SNI 03-2834-2000 dan SNI 03-6468-2000 dengan beberapa modifikasi yang diperlukan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir perencanaan rancangan campuran beton dengan menggunakan abu terbang

1. Langkah pertama dalam perencanaan campuran beton adalah dengan menentukan persyaratan beton yang direncanakan dan menghitung kebutuhan material penyusun beton. Tahapannya adalah sebagai berikut:
  - a. Menentukan kuat tekan yang disyaratkan ( $f'_c$ ), menentukan bentuk spesimen benda uji silinder atau kubus, dan nilai bagian tidak memenuhi syarat
  - b. Menghitung nilai deviasi standar (s), dimana nilai deviasi standar diketahui dari besarnya volume pekerjaan dan kualitas pekerjaan beton.
  - c. Menghitung nilai tambah (margin)
  - d. Menghitung kekuatan rata-rata yang ditargetkan setelah diketahui besarnya nilai deviasi dan nilai tambah
  - e. Menentukan jenis agregat kasar dan halus yang digunakan
  - f. Menghitung faktor air semen bebas menggunakan Tabel 2. dan Grafik 1. dari SNI 03-2834-2000
  - g. Menentukan ukuran agregat maksimum
  - h. Menghitung kadar air bebas dapat digunakan Tabel 3. pada SNI 03-2834-2000
  - i. Menghitung kebutuhan bahan bersifat semen
  - j. Menentukan persentase semen dan abu terbang yang digunakan dalam campuran beton
  - k. Menentukan susunan besar butir agregat halus dengan melihat Grafik 3. – Grafik 6. pada SNI 03-2834-2000
  - l. Menentukan persentase agregat halus yang digunakan
  - m. Menentukan susunan besar butir agregat kasar
  - n. Menghitung berat jenis relatif (agregat kering permukaan)
  - o. Menghitung berat isi beton
  - p. Menghitung kadar agregat gabungan, kadar agregat halus, dan agregat kasar
2. Setelah melakukan perhitungan dan diperoleh kebutuhan masing-masing material penyusun beton, dilakukan trial mix hasil perhitungan bahan (teoritis). Selama proses trial mix, dilakukan pengamatan terhadap beton segar yang terbentuk. Apabila beton segartelah memenuhi persyaratan yang ditentukan, maka dapat dilakukan pembuatan spesimen benda uji. Apabila belum memenuhi kriteria beton segar yang diharapkan, maka proses dilanjutkan ke poin (3)
3. Pada saat beton tidak memenuhi persyaratan beton segar yang telah ditetapkan, maka yang tahapan selanjutnya yang harus dilaksanakan ada 2 buah pilihan:
  - a) Melakukan koreksi kebutuhan bahan, koreksi dilakukan terhadap penambahan maupun pengurangan bahan material penyusun beton pada saat pelaksanaan trial mix, sehingga beton segar telah memenuhi kriteria yang ditetapkan
  - b) Apabila dirasa diperlukan adanya penambahan bahan tambah kimia dalam adukan beton untuk dapat mencapai kriteria beton segar yang diharapkan, maka tambahkan bahan tambah kimia sesuai dengan dosis yang telah disarankan oleh produsen. Untuk kemudian melakukan koreksi kebutuhan bahan setelah dilakukan penambahan bahan tambah kimia sebagai hasil perhitungan modifikasi campuran.

Apabila beton telah memenuhi persyaratan beton segar maka proses dilanjutkan ke poin (4)
4. Melakukan pembuatan spesimen benda uji
5. Melakukan pengujian spesimen benda uji. Apabila spesimen tidak memenuhi persyaratan beton keras, dalam hal ini dari kuat tekan yang disyaratkan, maka proses diulangi kembali pada poin (1) pada proses penentuan nilai faktor air semen. Apabila spesimen telah memenuhi persyaratan beton keras, maka proses perencanaan beton dengan menggunakan abu terbang selesai dilaksanakan.

Contoh perencanaan rancangan campuran beton dengan menggunakan abu terbang dapat dilihat pada Lampiran A

## Lampiran A

### Informatif

Tabel A.1 - Contoh perencanaan campuran beton menggunakan abu terbang Metode SNI 03 2834 2000

Rencanakan campuran beton dengan data yang telah diperoleh sebagai berikut:  
Mutu beton  $f'_c$  35 MPa umur 28 hari cacat yang diijinkan 5 % lingkungan korosif. Volume pekerjaan 1000 m<sup>3</sup>. Pelaksanaan baik. Ukuran butir maksimum agregat 20 mm. Semen tipe I. agregat halus alami, agregat kasar batu pecah. Slump 60-180 mm, data agregat.

#### Hasil analisa agregat halus

Ukuran saringan (mm)	% lolos Kumulatif
9,52	100
4,76	98,59
2,4	77,01
0,6	41,54
0,3	18,44
0,15	2,14

#### Berat Jenis

	Agregat halus	Agregat kasar
Berat Jenis JKP (Jenuh Kering Permukaan/SSD)	2,82	2,53
Peresapan (%)	1,17	1,42
Bobot Isi kering (kg/dm <sup>3</sup> )	1,5	1,45
Kadar Air	4	1

Tabel Hasil Perhitungan Perencanaan Campuran Beton

No	Uraian	Tabel / Grafik / Perhitungan	Nilai
1	Kuat Tekan yang disyaratkan	(Benda uji Silinder)	35 MPa pada 28 hari, bagian cacat 5 persen, $k = 1,64$
2	Deviasi Standar (sr)		5 MPa
3	Nilai Tambah (margin)	Butir 4.2.3.1.2)	$1,64 \times 5 = 8,2$ MPa
4	kekuatan rata-rata yang ditargetkan	Butir 4.2.3.1.3), ( 1 + 3 )	$35 + 8,2 = 43,2$ MPa
5	Jenis semen	Ditetapkan	OPC (Tipe I)
6	Jenis Agregat : Kasar		Batu Pecah
	Halus		Alami
7	Faktor Air-Semen bebas ( Ambil nilai terendah )	Tabel 2, Grafik 1 atau 2	Grafik 1 didapat FAS = 0,45
8	Faktor Air-Semen maksimum	Butir 4.2.3.2.2	Tabel 4 didapat FAS = 0,52
9	Slump	Ditetapkan, Butir 4.2.3.3	60-180 mm
10	Ukuran Agregat maksimum	Ditetapkan, Butir 4.2.3.4	20 mm
11	Kadar Air bebas	Tabel 3, Butir 4.2.3.5	205 $\text{Kg/m}^3$
12	Jumlah bahan bersifat semen	( 11 : 8 atau 7 )	455 $\text{Kg/m}^3$
13	Persentase semen	Ditetapkan	60 %
14	Persentase abu terbang	Ditetapkan	40 %
15	Jumlah Semen Maksimum	Ditetapkan	Tidak ada $\text{Kg/m}^3$
16	Jumlah Semen Minimum (pakai bila lebih besar dari 12, lalu hitung 15 )	Ditetapkan, Butir 4.2.3.2 Tabel 4,5,6	325 $\text{Kg/m}^3$
17	Faktor Air-Semen yang disesuaikan		-
18	Susunan besar butir agregat halus	Grafik 3 s/d 6	Gradasi susunan butir no.2
19	Susunan agregat kasar atau gabungan	Grafik 7,8,9 atau tabel 7, grafik 10, 11, 12	-
20	Persen agregat halus	Grafik 13 s/d 15 atau perhitungan	38,5 %
21	Berat jenis relatif agregat gabungan	diketahui / dianggap	2,64
22	Berat isi beton	Grafik 16	2350 $\text{Kg/m}^3$
23	Kadar agregat gabungan	( 20 - (12 + 11) )	$(2350 - (455 + 205)) = 1690$ $\text{Kg/m}^3$
24	Kadar agregat halus	( 18 x 21 )	$38,5\% \times 1690 = 650,6$ $\text{Kg/m}^3$
25	Kadar agregat kasar	( 21 - 22 )	$1690 - 650,6 = 1039,4$ $\text{Kg/m}^3$
26	<b>Proporsi campuran : ( Kg / m<sup>3</sup> )</b>	<b>Proporsi campuran: (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Koreksi Proporsi campuran terhadap kadar air : ( Kg / m<sup>3</sup> )</b>
	- Semen	$455 \times 60\% = 273$ kg	273 kg
	- Abu terbang	$455 \times 40\% = 182$ kg	182 kg
	- Air	205 kg	190,954 kg
	- Agregat halus	650,6 kg	669,012 kg
	- Agregat kasar	1039,4 kg	1035,035 kg
27	<b>Koreksi modifikasi campuran: ( Kg/ m<sup>3</sup> )</b>		
	- Semen	273 kg	
	- Abu terbang	182 kg	
	- Air	143,2155 kg	
	- Agregat halus	669,02 kg	
	- Agregat kasar	1035,4 kg	
	-SP	5,0 kg	

\*coret salah satu

## Penjelasan pengisian formulir

1. Kuat Tekan disyaratkan: 35 MPa (28 hari)  
Benda uji silinder, bagian tidak memenuhi syarat 5% ( $k=1,64$ )
2. Deviasi nilai standar  
Diketahui dari data bahwa besarnya volume pekerjaan beton yaitu 1000 m<sup>3</sup> dengan kategori sebutan sedang dan kualitas pekerjaan beton dengan kualitas yang cukup baik maka untuk deviasi standarnya diambil antara 4,5-5,5.

Tabel 1. Deviasi Standar

Isi Pekerjaan		Deviasi Standar (MPa)		
Sebutan	Volume Beton (m <sup>3</sup> )	Baik Sekali	Baik	Dapat Diterima
Kecil	<1000	$4,5 < S < 5,5$	$5,5 < S < 6,5$	$6,6 < S < 8,5$
Sedang	1000-3000	$3,5 < S < 4,5$	$4,5 < S < 5,5$	$5,5 < S < 6,5$
Besar	>3000	$2,5 < S < 3,5$	$3,5 < S < 4,5$	$4,5 < S < 5,5$

Sehingga diambil nilai  $S = 5$

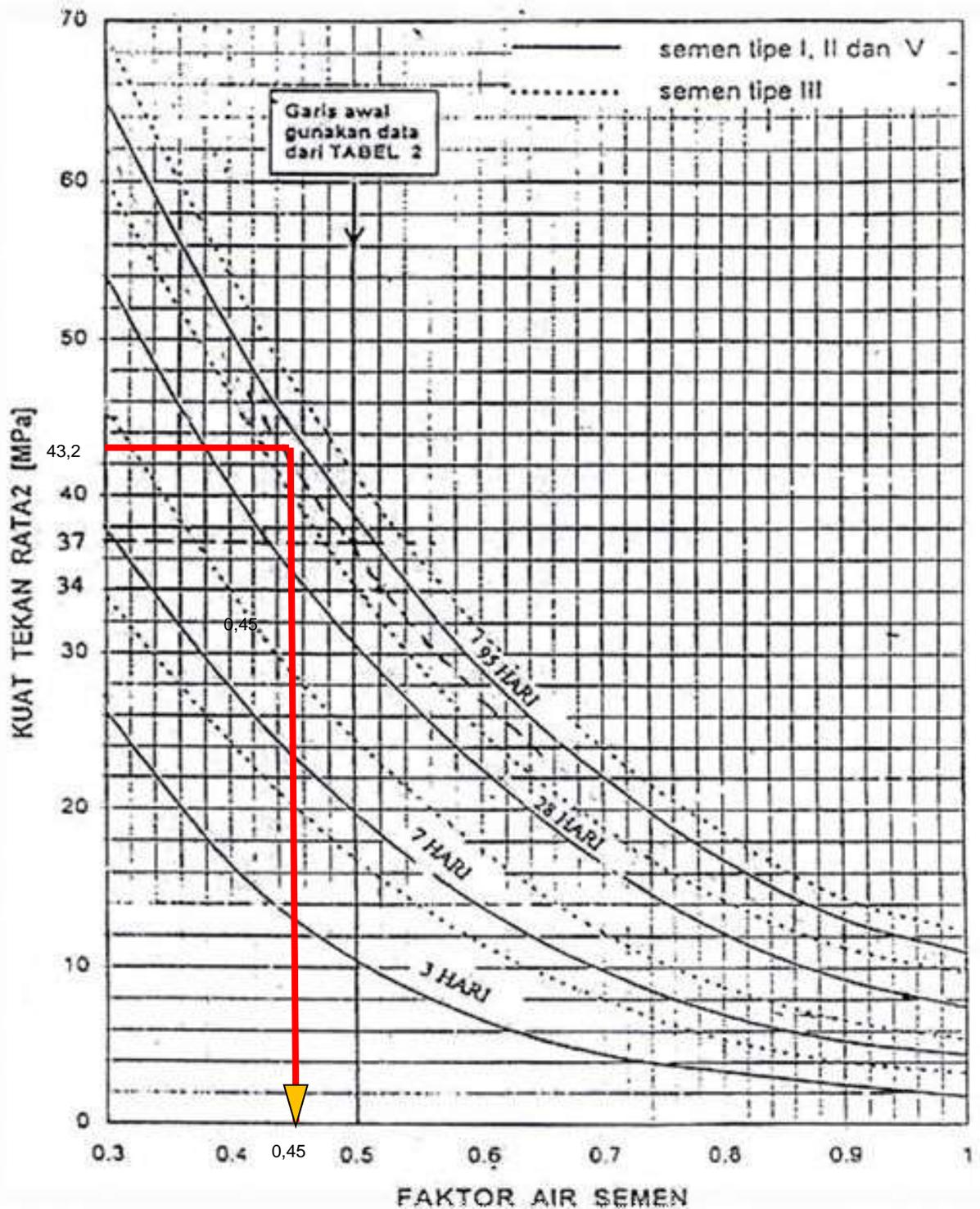
3. Nilai Margin  
cukup jelas
4. Kekuatan rata-rata yang ditargetkan  
cukup jelas
5. Jenis semen ditetapkan untuk penggunaan abu terbang hanya boleh digunakan Semen Portland Tipe I
6. Jenis agregat
  - Agregat halus = pasir alam/pasir sungai
  - Agregat kasar = batu pecah
7. Faktor air semen bebas
  - a) Lihat Tabel 2. dan Grafik 1  
Untuk Tabel 2. Adalah perkiraan kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan fas 0,5, berdasarkan jenis semen, jenis agregat kasar dan bentuk benda uji yang akan menjadi acuan garis bantu pada Grafik 1.

Tabel 2. Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen 0,5, dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia

Jenis semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)				Bentuk uji
		Pada umur (hari)				
		3	7	28	91	
Semen Portland – Tipe I atau Semen tahan sulfat tipe II, V	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu Pecah	19	27	37	45	
	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
Semen Portland Tipe III	Batu Pecah	23	32	45	54	Kubus
	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu Pecah	25	33	44	48	Silinder
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu Pecah	30	40	53	60	Kubus

Pada Grafik 1. dibuat garis bantu untuk fas 0,5 dan kuat tekan 37.

- b) Dari perhitungan (4) diperoleh nilai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan 43,2
- c) Dari garis bantu yang terbentuk (b) dicari nilai fas untuk kuat tekan beton 43,2



Grafik 1. Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)

Sumber: SNI 03-2834-2000, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal

dari Grafik 1. diperoleh nilai fas 0,45

8. Faktor air semen maksimum
9. Slump : ditetapkan 60-100 mm
10. Ukuran agregat maksimum : ditetapkan 20 mm
11. Kadar air bebas :

Untuk mendapatkan kadar air bebas, periksalah Tabel 3. yang dibuat untuk agregat gabungan alami atau yang berupa batu pecah.

Tabel 3. Perkiraan kadar air bebas (kg/cm<sup>3</sup>) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton

Ukuran besar butir agregat	Jenis agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Nilai slump ditetapkan 60-180

Agregat maksimum 20 mm

Maka yang digunakan sebagai pendekatan adalah ukuran 20 mm

Perkiraan kadar air bebas dihitung dengan rumus:

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k$$

dengan:  $W_h$  adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus, dan

$W_k$  adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

Untuk perhitungan ini diperoleh perkiraan air bebas:

$$\frac{2}{3} \cdot 195 + \frac{1}{3} \cdot 225 = 205$$

12. Kadar bahan bersifat semen: cukup jelas, yaitu  $205 : 0,45 = 455$  kg
13. Prosentase semen berdasarkan kebutuhan ditetapkan 60%, sehingga jumlah semennya menjadi  $455 \times 0,60 = 273$  kg
14. Persentase abu terbang berdasarkan kebutuhan ditetapkan 40%, sehingga jumlah abu terbang menjadi  $455 \times 0,40 = 182$  kg
15. Jumlah semen maksimum : tidak ditentukan, jadi dapat diabaikan
16. Jumlah semen minimum: dari Tabel 4 didapat 325 kg, seandainya kadar semen yang diperoleh dari perhitungan 12 belum mencapai syarat minimum yang ditetapkan, maka harga minimum harus dipakai dan faktor air semen yang baru perlu disesuaikan.
17. Faktor air semen yang disesuaikan: dalam hal ini dapat diabaikan karena syarat minimum kadar semen sudah dipenuhi.
18. Susunan besar butir agregat halus

Hasil dari analisis ayakan pasir yang digunakan:

Hasil analisis agregat halus

Ukuran saringan (mm)	% lolos Kumulatif
9,52	100
4,76	98,59
2,4	77,01
0,6	41,54
0,3	18,44
0,15	2,14

Dari hasil analisis pasir, dan melihat Grafik 3. – Grafik 6. (SNI 03-2834-2000) pasir termasuk dalam tipe agregat halus gradasi pasir sedang nomor 2 (Grafik 4.)

19. Cukup jelas
20. Persen agregat halus

Digunakan Grafik 14, dengan ketentuan pada grafik ukuran agregat 20 mm, nilai slump rencana 60-180, dan nilai fas 0,45

Dari Grafik 14. untuk susunan butir no 2 diperoleh nilai antara :33-44%

Dipakai persen agregat halus nilai tengah yaitu 38,5%

21. Berat jenis relatif, agregat gabungan

Diketahui:

	Berat Jenis	
	Agregat halus	Agregat kasar
Berat Jenis JKP	2,82	2,53

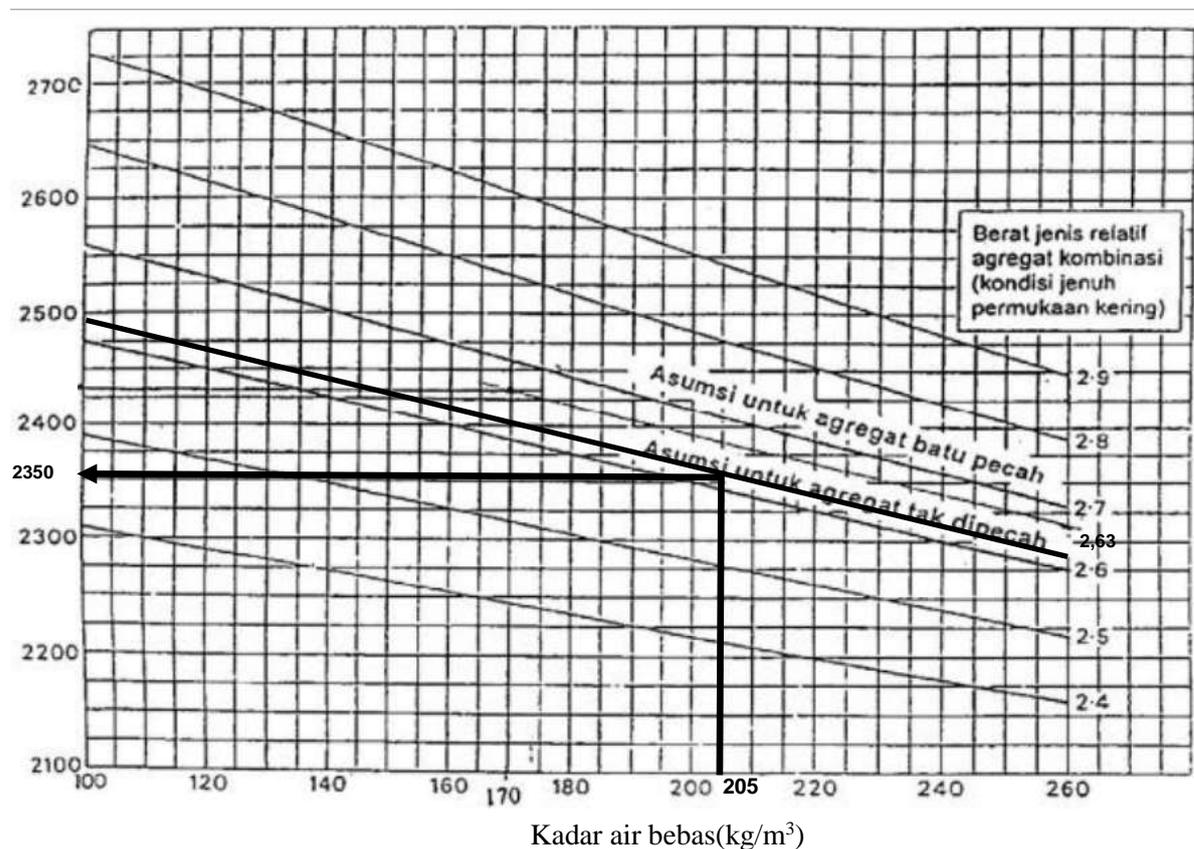
$b_{\text{agregat halus}} \times 38,5\% + b_{\text{agregat kasar}} \times 61,5\%$

$= (2,82 \times 38,5\%) + (2,53 \times 61,5\%)$

$= 1,08 + 1,56 = 2,64$

22. Berat isi beton : diperoleh di Grafik 16. dengan jalan membuat grafik baru yang sesuai dengan nilai berat jenis gabungan yaitu 2,64.

Titik potong grafik baru tadi dengan tegak yang menunjukkan kadar air bebas dalam hal ini 205 kg/m<sup>3</sup>, menunjukkan nilai berat isi beton yang direncanakan. Dalam hal ini diperoleh angka 2350 kg/m<sup>3</sup>.



Grafik 16. Perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai dipadatkan

Berat isi beton dari Grafik 16. Diperoleh nilai 2350

23. Kadar agregat gabungan = berat isi beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air;  
 $2350 - 455 - 205 = 1690 \text{ kg/m}^3$ .

24. Kadar agregat halus cukup jelas

25. Kadar agregat halus cukup jelas

## 26. Proporsi campuran

Dari langkah nomor 1 hingga nomor 25 kita dapatkan susunan campuran beton teoritis untuk tiap m<sup>3</sup> kondisi (SSD) sebagai berikut:

- Semen = 273 kg
- Abu terbang = 182 kg
- Air = 205 kg
- Agregat halus = 650,6 kg
- Agregat kasar = 1039,4 kg

## 27. Koreksi campuran per 1 m<sup>3</sup> (Saturated Surface Dry/SSD)

Untuk mendapatkan susunan campuran yang sebenarnya yang akan kita pakai sebagai campuran uji, angka angka teoritis tersebut perlu dibetulkan dengan memperhitungkan jumlah air bebas yang terdapat dalam atau yang masih dibutuhkan oleh masing-masing agregat yang akan dipakai dengan cara agregat dilakukan dahulu pengujian kadar air sebelum penimbangan untuk pengecoran.

Adapun data agregat terlampir sebagai berikut:

	Agregat halus	Agregat kasar
Berat Jenis JKP	2,82	2,53
Peresapan (%)	1,17	1,42
Kadar Air (%)	4	1

- Semen = 273 kg
- Abu terbang = 182 kg
- Air =  $205 - (4 - 1,17)\% \times 650,6 - (1 - 1,42)\% \times 1039,4$   
=  $205 - 18,41198 + 4,36548$   
= 190,954 kg
- Agregat halus =  $650,6 + (4 - 1,17)\% \times 650,6$   
=  $650,6 + 18,41198$   
= 669,012 kg
- Agregat kasar =  $1039,4 + (1 - 1,42)\% \times 1039,4$   
=  $1039,4 - 4,36548$   
= 1035,035 kg

## 28. Modifikasi campuran

Mengingat prinsip dari SNI rancangan campuran beton semen yang dipakai untuk faktor air semen (FAS) adalah semen OPC, sedangkan yang dipakai didalam perhitungan ini semen sudah dicampur dengan abu terbang maka ada ketidaksesuaian antara nilai FAS dengan hasil kuat tekan yang diharapkan, sehingga untuk mendapatkan kuat tekan rata rata yang direncanakan perlu dimodifikasi dengan menggunakan bahan tambah yang bertujuan untuk mengurangi kadar air bebas sebanyak 20-30 %, sehingga FAS akan turun dan kekuatan akan menjadi naik. Untuk pemakaian bahan tambah didapatkan dari hasil percobaan pengadukan yang dilakukan dan dosisnya tidak melebihi dari persyaratan yang telah ditetapkan oleh pabrik.

Dari hasil percobaan pengadukan yang telah dilakukan didapatkan untuk campuran pemakaian bahan tambah Superplastisizer sebanyak 1,2 % (sesuai dengan rekomendasi dari produsen) dari jumlah bahan yang bersifat semen bisa mengurangi air sebanyak 25 % sehingga pemakaian air berkurang seperti perhitungan berikut ini :

- Semen = 273 kg
- Abu terbang = 182 kg
- Air =  $190,954 - 25\% \times 190,954 = 143,2155$  kg
- Agregat halus = 669,012 kg
- Agregat kasar = 1035,035 kg
- Superplastisizer = ditetapkan 1,2% dari bahan tambah bersifat semen  
=  $(273 + 182) \times 1,2\% = 5,0$  kg

## Lampiran B

Informatif

Contoh hasil pengujian kandungan kimia abu terbang

Nomor Sertifikat : 17732/12/2015  
Tanggal Sertifikat : 2 Desember 2015

### LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Klien : PT PLN (Persero), Jawa Tengah

#### DATA SAMPEL

Jenis sampel : Abu Terbang  
Tanggal diterima : 24 November 2015  
Tanggal analisis : 25 November – 2 Desember 2015  
Jenis pengujian : Uji analisis abu  
Deskripsi sampel : Bentuk : abu terbang  
Berat/volume : 3 kg  
Kemasan : tas plastik yang tidak tersegel  
Identifikasi sampel (oleh klien) : 17/11/15 (09.00)  
Unit 1 &2

#### HASIL PENGUJIAN

No.	Parameter	Satuan	Hasil Pengujian
1	SiO <sub>2</sub>	% wt	46,90
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% wt	25,21
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% wt	9,34
4	TiO <sub>2</sub>	% wt	0,95
5	CaO	% wt	4,84
6	MgO	% wt	2,92
7	K <sub>2</sub> O	% wt	2,23
8	Na <sub>2</sub> O	% wt	2,70
9	SO <sub>3</sub>	% wt	0,93
10	MnO <sub>2</sub>	% wt	0,07
11	P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% wt	0,36
12	Moisture Content	% wt	Nd
13	L O I	% wt	3,08
14	Oil Content	% wt	0,07
15	Unburned Carbon	% wt	1,95

Ukuran	Satuan	Tertahan	Lolos
Ayakan No 100 (0,149 mm)	% wt	2,44	97,56
Ayakan No 200 (0,074 mm)	% wt	3,60	96,40
Ayakan No 325 (0,044 mm)	% wt	9,68	90,32

Kepala Departemen  
Batu bara & Mineral

ttd.

## Bibliografi

After Kosmatka and Wilson, 2011, Design and control of concrete mixtures: The Guide to Applications, Methods, and Materials

Badan Standarisasi Nasional, 2008, SNI 2458:2008 Tata cara pengambilan contoh uji beton segar, Jakarta, BSN

Badan Standarisasi Nasional, 2011, SNI 1974:2011 Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder, Jakarta, BSN

Badan Standarisasi Nasional, 2013, SNI 4810:2013 Tata cara pembuatan dan perawatan specimen uji beton di lapangan, Jakarta, BSN

Badan Standarisasi Nasional, 2014, SNI 03-2460-2014 Spesifikasi abu terbang batu bara dan pozolan alam mentah atau yang telah dikalsinasi untuk digunakan dalam beton (ASTM C618-08a, IDT), Jakarta, BSN

Irawan Rulli Ranastra, dkk, 2013, Semen Portland di Indonesia untuk Aplikasi Beton Kinerja Tinggi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Nabil Bouzoubaa and Simon Foo, 2005, MTL 2004-16 (TR-R) Use Of Fly Ash and Slag in Concrete: A Best Practice Guide

## Daftar nama dan lembaga

### 1. Pemrakarsa

Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum.

### 2. Penyusun

Nama	Instansi
Khasuna Nuraini, S.T., M.Eng.	Pusat Penelitian Jalan dan Jembatan
Yanu Ikhtiar Budiman, S.T., M.Eng.	Pusat Penelitian Jalan dan Jembatan
Budi Subrata	Pusat Penelitian Jalan dan Jembatan